

Principais Impactos das Alterações Climáticas na Produtividade da Floresta em Portugal: Projecto SIAM

Alexandre Vaz Correia, Alexandra Pires Correia, João Santos Pereira

Instituto Superior de Agronomia. Depto. de Engenharia Florestal, Tapada da Ajuda, 1349-017 LISBOA

Resumo. Desde o início da revolução industrial, em meados do século XVIII, as emissões de CO₂ para a atmosfera, resultantes da combustão dos combustíveis fósseis – carvão, petróleo e gás natural – e da desflorestação, contribuíram para um aumento de 30% na concentração atmosférica de CO₂: de aproximadamente 280 ppmv em 1700 para 373 ppmv em 2003. Durante o sec. XX verificou-se um aumento da temperatura média global de $0,6 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$, que parece ter origem no aumento da concentração de gases com efeito de estufa (GEE) na atmosfera. No sec. XXI as concentrações de GEE irão provavelmente aumentar, apesar dos esforços de mitigação da comunidade internacional (ex.: Protocolo de Quioto), resultando em novas alterações no sistema climático.

O Projecto SIAM – Scenarios, Impacts and Adaptation Measures – é um estudo multidisciplinar que visa estudar os impactos das alterações climáticas em Portugal. O trabalho da equipa das floresta incidiu no estudo da produtividade das três principais espécies florestais em Portugal Continental: o pinheiro bravo, o eucalipto e o sobreiro. Utilizaram-se dados climáticos diários gerados pelo modelo climático regional do Hadley Centre (HadRM2) para correr o modelo de base processual GOTILWA+ (CREAF, UAB), que foi parametrizado para cada espécie.

Realizaram-se dois conjuntos de simulações: uma simulação da produtividade actual (simulação de controlo) e uma simulação do futuro (período de 2080 a 2099). Os resultados apontam para um aumento ligeiro da produtividade no Norte Litoral, em consequência da maior humidade e da atenuação da limitação pelas baixas temperaturas. A região Centro é uma região de transição, onde poderá haver pequenos aumentos de produtividade nos locais mais pluviosos, mas a tendência geral será para uma redução da produtividade. Na Região Sul os impactos são mais severos, verificando-se uma forte diminuição da produtividade, que poderá significar a substituição do coberto florestal por comunidades arbustivas ou mesmo herbáceas anuais nas zonas de maior aridez.

Introdução

Desde o início da revolução industrial, em meados do século XVIII, as emissões de CO₂ para a atmosfera, resultantes da combustão dos combustíveis fósseis – carvão, petróleo e gás natural – e da desflorestação, contribuíram para um aumento de 30% na concentração atmosférica de CO₂: de aproximadamente 280 ppmv em 1700 para 373 ppmv em 2003. Durante o sec. XX verificou-se um aumento da temperatura média global de $0,6 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$, que parece ter origem no aumento da concentração de gases com efeito de estufa (GEE) na atmosfera. No sec. XXI as concentrações de GEE irão provavelmente aumentar, apesar dos esforços de mitigação da comunidade internacional (ex.: Protocolo de Quioto), resultando em novas alterações no sistema climático.

Metodologia

Utilizou-se um modelo de base processual que simula os fluxos de carbono e água em diferentes condições ambientais – o modelo GOTILWA+ (Gracia e Sabaté, 2003) – para estudar os impactos das alterações climáticas na floresta. As variáveis de entrada consistem

em dados climáticos diários (temperatura, precipitação, radiação global, velocidade do vento e pressão de vapor de água), dados fisiológicos (parâmetros da fotossíntese e condutância estomática), dados estruturais da floresta (estrutura das árvores e distribuição de diâmetros) e dados do local (características do solo e hidrológicas).

A Figura 1 ilustra os fluxos de energia e matéria representados no modelo GOTILWA+.

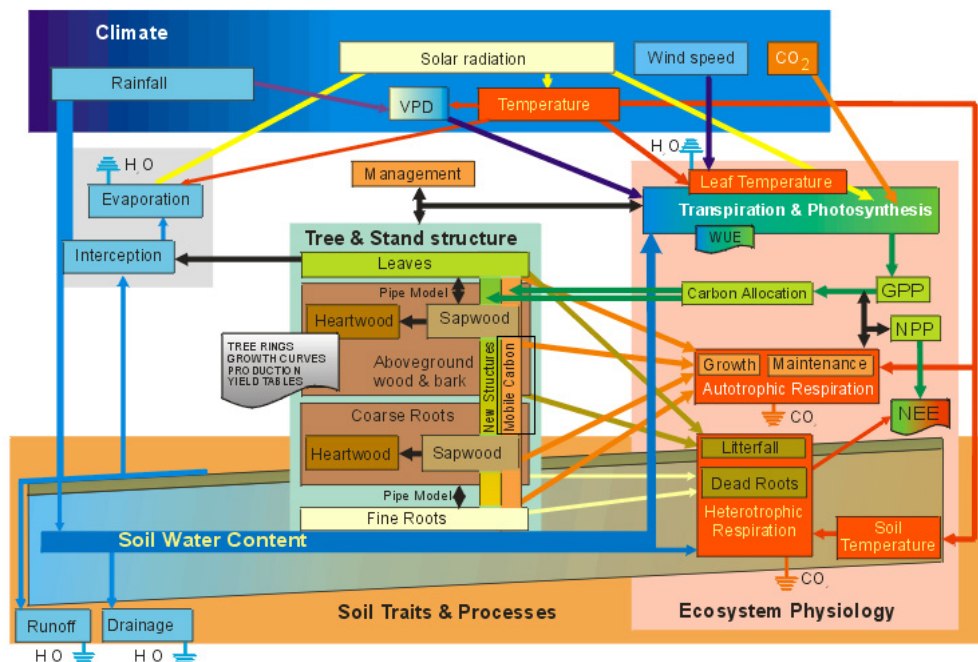


Figura 1 - Diagrama dos fluxos representados no modelo GOTILWA+

Este modelo foi validado simulando o crescimento da floresta da rede EUROFLUX – uma rede europeia de medição dos fluxos de carbono e água em florestas (Kramer *et al.*, 2002). Na presente análise utilizou-se a produtividade do eucalipto como validação sumária, uma vez que apenas para esta espécie estão disponíveis dados de produtividade. Para o pinheiro bravo verificou-se que o intervalo de variação da produtividade corresponde ao preconizado para esta espécie em Portugal (Oliveira *et al.*, 2000). No caso do sobreiro não estão disponíveis dados de produtividade em volume de madeira, pelo que não foi possível proceder a uma avaliação da distribuição regional da produtividade para esta espécie.

Os resultados foram agrupados em seis regiões – Norte Litoral, Norte Interior, Centro Litoral, Centro Interior, Sul Litoral e Sul Interior – para as quais são apresentados os resultados da produtividade primária líquida e da produtividade em acréscimo de volume de tronco (acréscimo médio anual), excepto para o sobreiro, em que apenas se apresenta a produtividade primária líquida.

Resultados

Eucalipto

Os resultados da simulação com o modelo GOTILWA+ para o eucalipto (Figura 2) são consistentes com a produtividade real (Figura 3), em particular nas regiões onde a área de eucalipto tem significado: Norte litoral, Centro litoral e interior e Sul litoral. Nas regiões onde o eucalipto é uma cultura marginal (Norte interior e Sul interior) a aderência é menor, o que se em parte à menor fiabilidade do modelo Globulus nestas zonas. De um modo geral, o modelo consegue capturar bastante bem a variação da produtividade desta espécie no País.

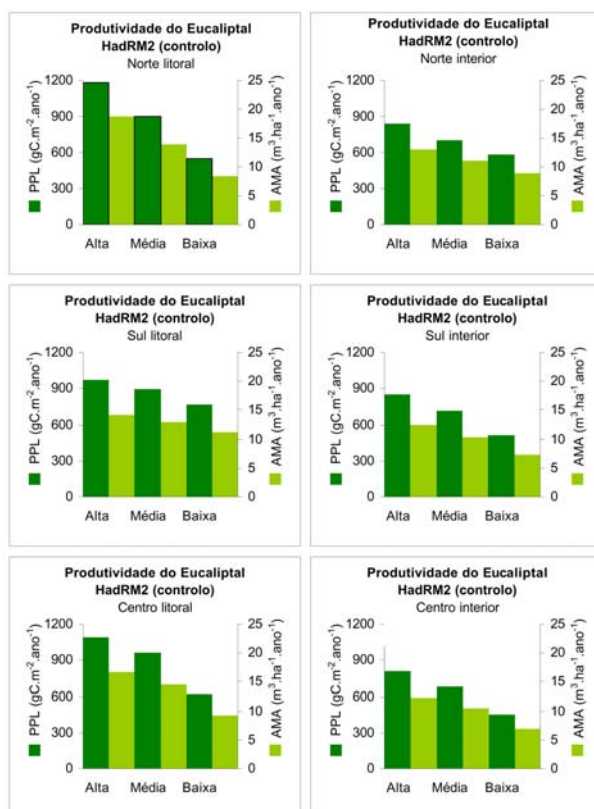


Figura 2 - Produtividade Primária Líquida e Acréscimo Médio Anual (aos 12 anos) do Eucalipto

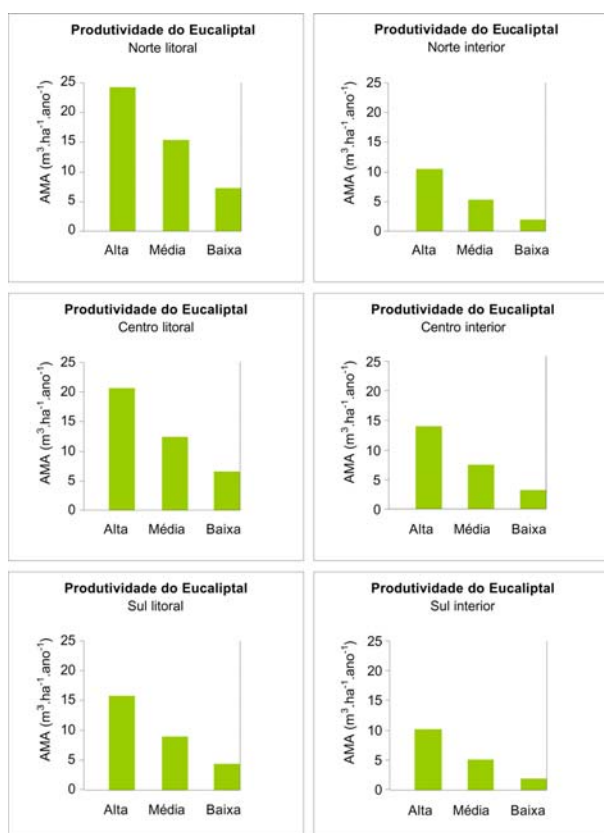


Figura 3 - Acréscimo Médio Anual (aos 12 anos) do Eucalipto em 3 classes de fertilidade calculado com o modelo de produção Globulus 2.1 (Tomé *et al.*, 1997)

Pinheiro bravo

A produtividade simulada do pinheiro bravo (Figura 4) situa-se entre os 12.2 e os 6.7 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ de acréscimo médio anual (AMA) nas regiões Norte litoral e Centro Litoral, e os 7.8 e 5.7 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ no Norte Interior e Centro Interior, o que está de acordo com (Oliveira *et al.*, 2000) que referem valores para a produtividade máxima nestas regiões da ordem dos 13 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$. A produtividade simulada do pinheiro bravo no Sul poderá estar algo sobrestimada: (Oliveira *et al.*, 2000) referem como valor médio para as zonas a Sul do Tejo 4 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, em solos arenosos, o que é comparável com a classe de fertilidade mais baixa, mas poderá haver alguma sobrestimação para os solos mais férteis. De todo o modo, a falta de dados de produção para o pinheiro bravo não permite a avaliação da aderência das simulações à realidade.

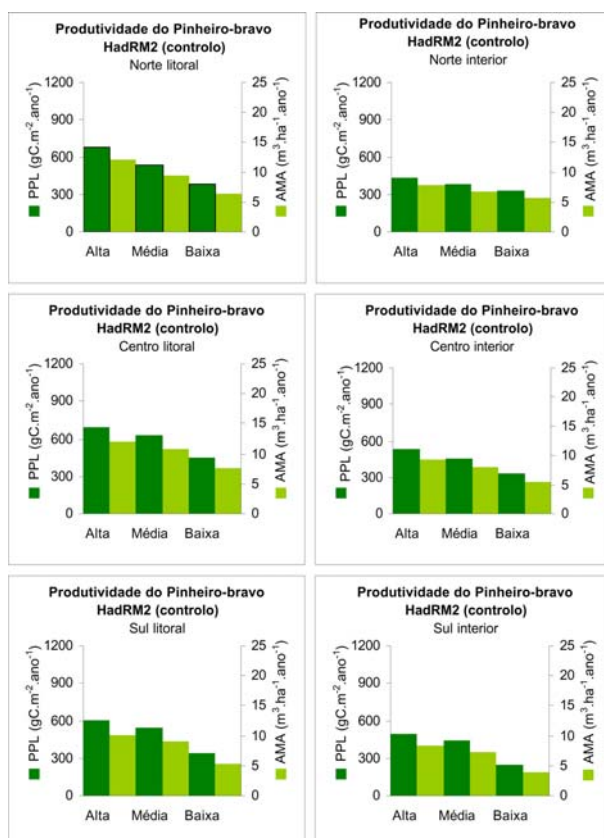


Figura 4 - Produtividade Primária Líquida e Acréscimo Médio Anual do pinheiro bravo em 3 classes de fertilidade simulada pelo modelo GOTILWA+

Sobreiro

No caso do sobreiro não existem dados de produtividade que permitam verificar a validade do modelo, pelo que a análise dos resultados deve ser ainda mais cautelosa que para as espécies anteriores. Não obstante, a distribuição da produtividade potencial para esta espécie parece razoável, sendo menor no Norte, devido à menor temperatura, atingindo o máximo no Centro Litoral, devido à conjugação de humidade elevada e temperatura mais altas, e sendo ligeiramente inferior no Sul Litoral, devido à menor precipitação. Nas regiões interiores as temperaturas mais baixas e a maior aridez limitam a produtividade da espécie.

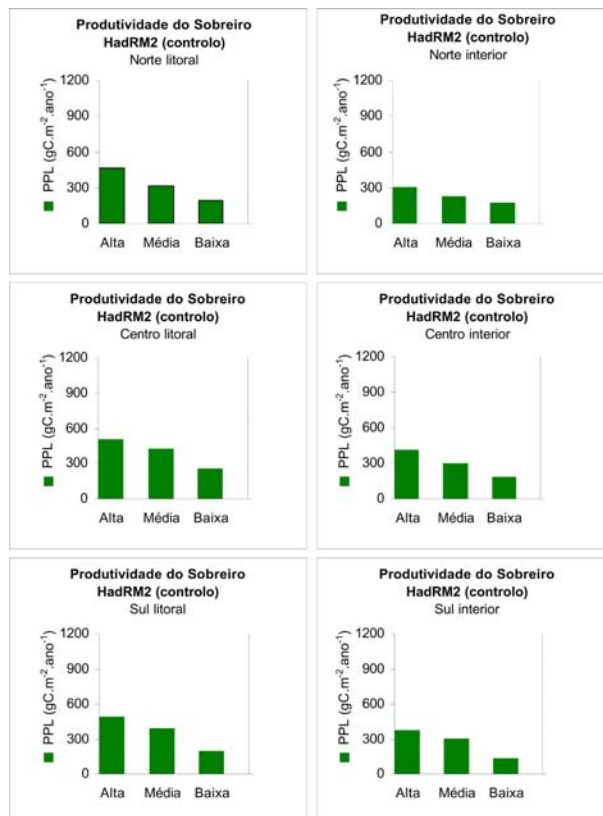


Figura 5 - Produtividade Primária Líquida do sobreiro em 3 classes de fertilidade simulada pelo modelo GOTILWA+

Simulação da produtividade da floresta actual: *cenário futuro*

Eucalipto

A Figura 6 mostra a variação percentual da produtividade do eucalipto no período 2080-2099 em relação ao presente. Verifica-se que o eucalipto poderá aumentar a sua produtividade na região Norte Litoral, em consequência do aumento de temperatura, que permite maiores taxas de crescimento no Inverno, e do aumento da concentração atmosférica de CO₂, que aumenta as taxas fotossintéticas e reduz a condutância estomática, reduzindo a transpiração. No entanto, estes ganhos de produtividade estarão provavelmente restritos aos locais de Verões mais húmidos, pela proximidade ao oceano. No Norte interior verifica-se um ligeiro aumento da produtividade primária, mas que não se reflecte em aumento de produção de madeira, porque uma maior proporção do carbono fixado pela fotossíntese tem que ser utilizado na reposição das folhas e raízes finas que se perdem devido à secura estival.

Na região Centro a produtividade do eucalipto poderá sofrer uma diminuição generalizada. No interior a redução de produtividade poderá eliminar o interesse por esta espécie, que já hoje apresenta produções baixas nesta região. É na região Sul que o eucalipto sofre o maior impacto, sendo provável que deixe de ter qualquer interesse económico e que encontre sérias dificuldades para sobreviver em grande parte desta região.

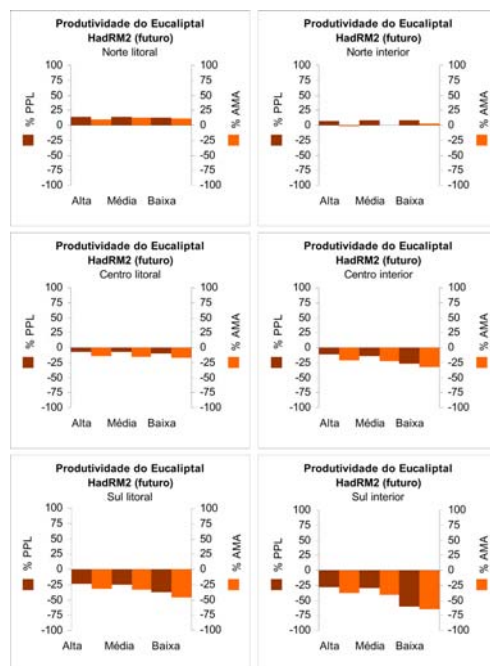


Figura 6 - Variação percentual da Produtividade Primária Líquida e Acréscimo Médio Anual (aos 12 anos) do Eucaliptal no cenário futuro

Pinheiro bravo

A produtividade do pinheiro bravo no clima futuro (Figura 7) poderá aumentar na região Norte litoral. No interior o aumento da PPL não é suficiente para compensar os gastos acrescidos, havendo uma diminuição da produção em volume de cerca de 12%. No Centro litoral a produtividade decresce, enquanto que o aumento de temperatura no Interior permite um aumento da PPL de 25%. A produção de madeira no interior decresce nos solos de pior qualidade, mas poderá não se alterar significativamente nos solos melhores. A produtividade primária do pinheiro bravo reduz-se significativamente na região Sul, o que deverá significar uma forte redução da presença desta espécie nesta região.

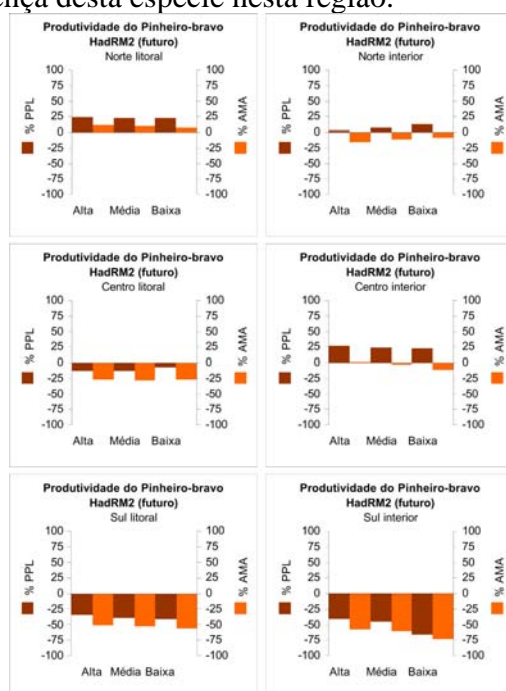


Figura 7 - Variação percentual da Produtividade Primária Líquida e Acréscimo Médio Anual do pinheiro bravo no cenário futuro

Sobreiro

O impacto das alterações climáticas no sobreiro (Figura 8) é menos severo que para as outras espécies, devido à sua maior tolerância à secura e a ser explorado normalmente em baixa densidade – montado – o que resulta numa maior quantidade de água disponível por planta, admitindo que a competição entre arbustos ou ervas do sub-bosque e as árvores é mínima (Pereira *et al.*, 2004). A PPL do sobreiro aumenta na região norte, de uma forma mais marcada no litoral que no interior. Na região Centro poderá haver um ligeiro aumento de produtividade no litoral, enquanto que no interior não há alterações significativas da produtividade em relação ao actual. No entanto, também no sobreiro é provável que uma maior proporção da PPL seja canalizada para a reconstituição da copa após períodos de secura intensa, o que significa menor crescimento do lenho e da cortiça e também maior stress ambiental, o que as fragilizará em relação ao ataque de pragas e doenças (Pereira *et al.*, 1999). O impacto na região Sul é muito forte nos solos de fraca capacidade de retenção de água, indicando o desaparecimento do sobreiro nestes solos, e moderado a nulo nos solos mais húmidos. No litoral estas quebras de produtividade são particularmente preocupantes, pois é onde se encontra uma parte significativa da área de sobreiro. Os problemas de declínio do montado de sobreiro que se verificam na actualidade poderão ser agravados pelo aumento do stress ambiental, pondo em risco a perenidade do montado de sobreiro (Pereira *et al.*, 1999).

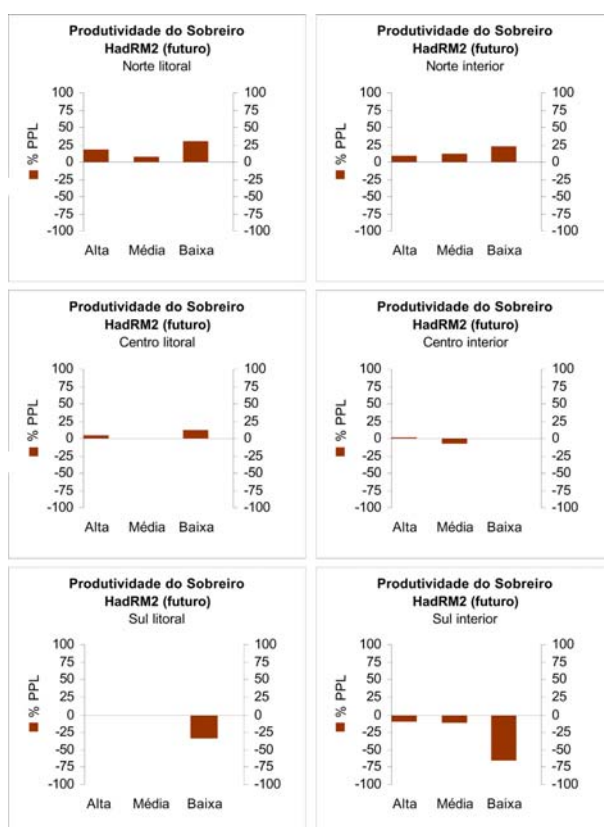


Figura 8 - Variação percentual da Produtividade Primária Líquida do sobreiro no cenário futuro.

Conclusão

O aumento do stress ambiental implícito nos cenários de alterações climáticas faz prever que haja uma tendência para a substituição das espécies actuais por espécies mais tolerantes à secura, o que se poderá traduzir numa migração – natural ou induzida – de Sul para Norte e do Interior para o Litoral. Nas zonas montanhosas do Norte o aumento da temperatura poderá

permitir que espécies como o sobreiro ou o pinheiro bravo prosperem a maiores altitudes, expandindo a sua área potencial. Nas regiões onde no presente já se verificam os efeitos de uma aridez acentuada (como, por exemplo, o interior do Alentejo), poderão ser ultrapassados os limites ambientais para a sobrevivência da floresta.

Em paralelo, a produtividade vegetal poderá aumentar no Norte do País, mais no Litoral que no Interior, sendo as espécies mais adaptadas à secura e às temperaturas elevadas mais beneficiadas pelas alterações climáticas, ao passo que as espécies com maiores exigências em humidade apresentam aumentos de produtividade mais modestos e localizados. O Litoral Centro será menos afectado já que um stress ambiental mais severo poderá ser contrabalançado pelo efeito fertilizante da concentração elevada de CO₂ na atmosfera. A importância deste efeito dependerá da espécie. A produtividade vegetal sofrerá um decréscimo moderado no Interior Centro, que se poderá tornar mais notório no Sul, em particular no Interior.

Os cenários climáticos sugerem maior perigo de incêndio, devido a um possível aumento da biomassa de maior combustibilidade e ao aumento do risco meteorológico de incêndio. Esta tendência poderá ser reforçada pela menor produtividade esperada, que poderá constituir um desincentivo ao investimento na gestão silvícola.

Os impactos das alterações climáticas na floresta podem ter consequências negativas para a economia, pondo em perigo a competitividade das indústrias florestais (pasta celulósica, cortiça, aglomerados, mobiliário) e a manutenção dos mais de 250000 postos de trabalho (CESE, 1998). Por outro lado, a diminuição da produtividade e a eventual degradação de algumas florestas põe em risco a continuidade da prestação dos serviços ambientais, tais como a regulação do regime hidrológico, a protecção dos solos contra a erosão, a manutenção da biodiversidade ou a utilização para fins recreativos.

Bibliografia

- CESE (1998). *Livro verde da cooperação ensino superior-empresa. Sector florestal*. Lisboa, CESE.
- Gracia, C.A. and S. Sabaté (2003). *Gotilwa+*. Barcelona. **2003**.
- Kramer, K., I. Leinonen, H.H. Bartelink, P. Berbigier, M. Borghetti, C. Bernhofer, E. Cienciala, A.J. Dolman, O. Froer, C.A. Gracia, A. Granier, T. Grunwald, P. Hari, W. Jans, S. Kellomaki, D. Loustau, F. Magnani, T. Markkanen, G. Matteucci, G.M.J. Mohren, E. Moors, A. Nissinen, H. Peltola, S. Sabaté, A. Sanchez, M. Sontag, R. Valentini and T. Vesala (2002). Evaluation of six process-based forest growth models using eddy-covariance measurements of co₂ and h₂o fluxes at six forest sites in europe. *Global Change Biology* **8**(3): 213-230.
- Oliveira, Â.C., J.S. Pereira and A.V. Correia (2000). *A silvicultura do pinheiro bravo*, Centro PINUS.
- Pereira, J.S., M.C. Barros and J.M. Rodrigues (1999). As causas da mortalidade do sobreiro revisitadas. *Revista Florestal* **12**(1/2): 20-23.
- Pereira, J.S., J.S. David, T.S. David, M. C. Caldeira and M. M. Chaves (2004). Carbon and water fluxes in mediterranean-type ecosystems - constraints and adaptations. *Progress in botany*. U. L. K. Esser, W. Beyschlag e J. Murata. Berlin Heidelberg, Springer-Verlag. **65**: 467-498.
- Tomé, M., A. Falcão and A. Amaro (1997). *Globulus v1.0.0: A regionalized growth simulator for eucalypt plantations in portugal*. Modelling Growth of Fast-Grown Tree Species., Valdivia, Chile, IUFRO.

